Reprint Transactions Vol. II

EVOLUTION DE LA MICROFAUNE DU SOL SOUS CYCLE CULTURAL COUTUMIER

par

M. E. MALDAGUE
I.N.E.A.C. Yangambi, Congo.

On distingue au Congo 2 formes d'agriculture nomade (Lebrun, 1933):

a) le système agricole Bantou de la cuvette centrale forestière; le seul envisagé ici;

b) les méthodes des Soudanais de la lisière Nord et des Bantous de la lisière Sud.

I. MÉTHODES BANTOUES DU CENTRE FORESTIER.

1) *Système ancestral* (du temps d'une vie plus ou moins nomade).

Ce système consiste en un cycle cultural très court (2 ans) suivi d'une jachère de durée indéterminée, permettant à la forêt de se régénérer; un équilibre climatique peut être atteint. La préparation du champ comporte l'abattage, rarement complet, de la forêt ou d'une jachère âgée et l'incinération modérée des abattis. Tout est planté en une fois: Maïs, Riz, Manioc, Bananes. L'entretien est réduit au minimum et ne se pratique que pendant les premiers mois, le champ est ensuite abandonné à lui-même. Après l'exploitation, les semis naturels des pionniers de la forêt secondaire font leur apparition.

2) *Evolution du système ancestral.*

Le regroupement des populations en village a entraîné une diminution des surfaces exploitables. Les caractéristiques de l'agriculture nomade ont été de plus en plus abandonnées en fonction de l'évolution économique du milieu rural; on assiste à la mise en culture de plus en plus brutale, à l'allongement du cycle cultural, au raccourcissement de la jachère forestière (15 ans, parfois 10 ans) ou à son remplacement, à l'augmentation des emblavures et à un meilleur entretien des cultures. *Le but du système cultural bantou* est d'amener la reconstitution de la fertilité du sol par une forêt de remplacement, génératrice d'humus.

La mise en culture du sol forestier entraîne une profonde modification des conditions ambiantes se traduisant par un important déséquilibre biologique et notamment par une quasi totale disparition de la microfaune du sol. La recolonisation du milieu et son évolution vers un nouvel équilibre s'effectuent en relation avec la régénération du couvert végétal et la reconstitution de conditions biotiques et abiotiques favorables.

II. CHOIX DES BIOTOPES

Afin de suivre cette évolution, les biocénoses terricoles ont été analysées simultanément dans 7 biotopes d'âges croissants (jachères forestières de 1, 3, 6, 8, 10—12, 14, 15—16 ans); ces milieux sont comparés à un biotope de référence, la forêt semi-caducifoliée à *Scorodophloeus zenkeri* Harms. De la comparaison des résultats, obtenus à un moment donné, on tire des informations considérées comme reflétant l'évolution de la microfaune (Etude d'une zonation). Tous ces milieux sont situés aux environs de Yangambi (Congo).

III. Caractéristiques physiques et chimiques des biotopes

Dans le but d'étayer les renseignements obtenus par l'observation de la microfaune, différentes analyses de facteurs physiques et chimiques ont été effectuées: quantités de C et d'N; % C, % N; quantité de matière organique estimée par la perte à la calcination; cations échangeables; pH; densité apparente du sol en place (D'), porosité. Il existe pour ces facteurs (voir tableau I) un seuil très net entre l'ensemble des jachères d'une part et la forêt de référence d'autre part.

Tableau 1: *Caractéristiques générales des milieux.*

	Jachères jeunes	Jachères âgées	Forêt
C (t/Ha) *	2,64	2,47	3,13
N (t/Ha) *	0,21	0,17	0,28
C (%) **	2,39	2,38	3,54
N (%)	0,241	0,230	0,368
C/N	9,91	10,34	9,62
Perte à la calcination (%)	11,15	9,96	16,2
D'	1,25	1,29	1,00
Porosité (%)	49	48	58
pH	4,7	4,5	4,2
Valeur T	8,03	6,00	—

* Les déterminations ont porté sur la litière (L) et l'horizon de fragmentation (F).
Se référer également à l'étude de Bartholomew, Meyer et Laudelout (1953).

** Toutes les autres déterminations ont porté sur l'horizon F et l'horizon sous-jacent (H1)

Une différence très marquée subsiste entre la forêt et les jachères — même les jachères très âgées — en ce qui concerne la densité apparente, la porosité, les teneurs en C et N, la perte à la calcination. Les jachères ne montrent pas de différences significatives en ce qui concerne leur état structural et leur teneur en cations. La mise en culture amène une forte augmentation du pH.

En forêt, la litière est très réduite, tandis que l'horizon F est beaucoup plus important; l'inverse se présente dans les jachères *; il en résulte que l'incorporation de la matière organique dans le sol se présente différemment dans les jachères et en forêt. La raison de ce contraste réside dans l'activité des organismes endogés (faune et microflore): la fragmentation et la décomposition des débris organiques, leur déplacement par les Termites et la microfaune, le fouissement des animaux sont beaucoup plus intenses en forêt, où la faune du sol est à la fois plus diversifiée et plus abondante, que dans les jachères. Les différences de porosité constatées entre forêt et jachères sont dues à la matière organique du sol, aux racines et au fouissement des organismes.

* Nos résultats ne concordent pas entièrement, sur ce point, avec ceux de MANIL (1953) qui estime que dans les profils sous Parasoleraies, L et F sont plus importants qu'en forêt; nous constatons aussi que L est plus important dans les Parasoleraies mais il ne semble pas en être de même pour F, beaucoup plus important en forêt.

IV. Analyses de la faune du sol

1. *Analyse quantitative.*

Deux cents échantillons unitaires d'un volume de 36 cm³ sont été prélevés, en surface (0 . . . 2,5 cm), sous la litière, au hasard, et extraits dans des appareils de Berlese-Tullgren. Le tableau II donne la densité (en nombre/m²) des principaux groupes d'organismes.

Tableau II. *Densité moyenne des principaux groupes d'organismes.*

	Jachères jeunes (1, 6, 7—8 ans)	Jachères âgées (10—12, 14, 15—16 ans)	Forêt
Thrombidiformes	221	149	171
Acaridiae	90	324	528
Mesostigmata	4.668	6.230	10.069
Oribatei	13.316	18.902	28.229
Divers	383	453	487
Acariens immatures	21.611	8.620	14.037
Total Acariens	40.289	34.678	53.521
Collemboles	8.564	14.256	22.935
Organismes divers	3.736	3.561	5.826
Microfauné totale	52.589	52.495	82.282
Microfaune totale — Acariens immatures	30.978	43.875	68.245

Les nombres les plus élevés, dépassant 100.000 organismes/m² sont obtenus en forêt. Pour l'ensemble des jachères, la densité globale de la faune varie généralement de 45.000 à 60.000. Dans la jachère de 14 ans, après incinération des abattis, la densité globale est tombée à moins de 4.000 organismes/m². Le grand nombre d'Acariens immatures (31.400/m², dans la jachère d'1 an) est un indice du profond déséquilibre des biocénoses dans les jeunes jachères.

Il existe un seuil entre l'ensemble des jachères d'une part et les biotopes forestiers d'autre part: quantitativement les biotopes forestiers sont beaucoup plus riches que les jachères. On observe une nette évolution de la microfaune pour les Mésostigmates, les Oribates et les Collemboles.

2. *Analyse qualitative.*

Il est intéressant d'observer la répartition de quelques genres et familles d'Oribates caractéristiques dans les différents biotopes.

Ces densités (en nb/m²) sont données dans le tableau III.

Tableau III: *Analyse qalitative.*

	Jach. 1 a	Jach. 3 a	Jach. 6 a	Jach. 10—12 a	Jach. 14 a	Forêt
Meristacarus + *Mixacarus*	—	409	—	223	187	992
Malacoangelia	434	314	209	1.277	791	2.193
Afrhypochthonius	145	1.869	90	2.777	793	1.496
Epilohmannia	868	1.304	778	916	198	379
Tetracondyla	—	—	—	83	140	303
Rostrozetes	289	175	480	639	1.574	1.856
Machadobelba	—	428	—	417	886	1.571
Galumnidae	1.976	1.966	390	917	909	1.505
Phthiracaridae	313	1.188	1.047	500	944	1.622

Plusieurs genres caractéristiques des biotopes forestiers, tels que *Meristacarus*, *Mixacarus*, *Tetracondyla* et *Machadobelba* font défaut dans les jeunes jachères. Dans les jachères âgées, ces genres sont représentés mais beaucoup plus faiblement qu'en forêt. Les genres *Malacoangelia* et *Rostrozetes*, ainsi que la famille des *Phthiracaridae* sont toujours nettement plus abondants en forêt. Il n'en est pas de même pour les *Galumnidae* qui trouvent des conditions particulièrement favorables à leur pullulation dans les premiers stades de recolonisation forestière, lorsque le sol est couvert par une strate herbacée. Quant aux genres *Afrhypochthonius* et *Epilohmannia* leur développement peut être plus important dans des biotopes non forestiers où la pression interspécifique est réduite. La diversité de la faune est beaucoup plus grande en forêt, mais une nette évolution se dessine déjà au cours des 15 années de jachère.

V. Macrorespirométrie du sol.

Le métabolisme global du sol (horizon de 0 . . . 2,5 cm sous la litière), mesuré par absorption d'oxygène (en μl/g/h), est donné ci-dessous:

- Forêt: 14.
- Jachère de 15—16 ans: 13.
- Jachère de 14 ans: 10.
- Jachère de 14 ans, après incinération: 5,7.
- Jachère de 10—12 ans: 12.
- Jachère de 7—8 ans: 11.
- Jachère de 3 ans: 4 à 10, suivant le taux d'humidité édaphique.
- Jachère de 1 an: 3 à 10, idem.

Le métabolisme global du sol est plus intense en forêt, tout en ne dépassant que de peu les valeurs obtenues dans les autres biotopes. Les grandes variations observées dans les jeunes jachères sont une conséquence des modifications importantes du microclimat que l'on observe dans ces habitats où le couvert est réduit.

L'activité biologique, en surface, est intense dans tous les milieux et ne permet pas d'observer de contrastes entre les jachères; au contraire, dans le cas d'un horizon plus profond (0 . . . 5 cm), de nettes différences se marquent:

	0 . . . 2,5 cm	0 . . . 5 cm
Forêt	14,0 (100 %)	8,5 (100 %)
Jachère 15—16 ans	13,0 (92,8 %)	5,9 (69,4 %)
Jachère 10—12 ans	12,2 (87,1 %)	2,6 (30,6 %)

Les réserves humiques du sol ne sont pas encore reconstituées dans les jachères âgées.

Il est intéressant d'observer le parallélisme des différents résultats.

VI. Conclusions

L'équilibre initial, tant en ce qui concerne les facteurs abiotiques du milieu, qu'en ce qui regarde les biocénoses terricoles, est loin d'être retrouvé, même après une longue jachère d'une quinzaine d'années. Ceci pose d'importants problèmes de conservation du sol, car il n'est pas indifférent que l'établissement du champ se fasse après abattage de la forêt ou d'une jachère constituant déjà un milieu appauvri (Maldague, 1960). Il n'est

pas de même indifférent que la recolonisation faunistique s'effectue au départ de centres de dispersion constitués de bandes forestières ou de jachères d'âge variable; dans le second cas, le milieu se trouverait entraîné, plus rapidement, vers des stades de dégradation progressive tant des caractéristiques biotiques qu'abiotiques du sol. Un terrain remis en culture après une jachère ne présente plus ses potentialités initiales.

De tels cycles successifs constituent une série régressive, puisque à chaque révolution le niveau initial se trouve un peu plus bas. Il importe de tenir compte de ces conclusions dans le passage de la forme d'agriculture extensive traditionnelle vers une forme d'agriculture plus ou moins intensive.

Bibliographie

1. Bartholomew, W. V., J. Meyer, H. Laudelout, 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. Publ. I.N.E.A.C., sér. Sc., no. 57.
2. Jurion, F., 1941. La culture indigène et l'expérimentation culturale. Bull. agr. C. B., vol. 32, no. 4, pp. 688—713.
3. Lebrun, J., 1933. Les forêts congolaises et les méthodes culturales indigènes. Journ. d'Agron. Colon., p. 326.
4. Maldague, M. E., 1958. Relations entre microfaune et microflore du sol dans la région de Yangambi (Congo Belge). Agricultura, vol. 6, sér. 2, pp. 339—351.
5. Maldague, M. E., 1959. Importance et rôles de la microfaune du sol. Bull. agr. C. B., vol. 50, pp. 5—34.
6. Maldague, M. E., 1960. Agriculture nomade et conservation biologique des sols. 5e Congr. For. Mondial, Section X, SEATTLE.
7. Manil, G., 1953. Quelques observations et réflexions sur la biodynamique du sol en conditions équatoriales. Bull. de l'Inst. agr. et Stat. Rech. Gx., T. 21, no. 1—2, pp. 113—135.
8. Meyer, J. et M. E. Maldague, 1957. Observations simultanées sur la microfaune et microflore de certains sols du Congo Belge. Pédologie, vol. 7, pp. 110—118.

Résumé

Dans le cadre du système d'agriculture traditionnelle bantoue, une série de jachères forestières d'âges croissants ont été étudiées afin de suivre la recolonisation faunistique, amenant progressivement les biocénoses terricoles vers l'équilibre concrétisé par la forêt secondaire à *Scorodophloeus zenkeri*, Harms. Un des buts principaux de cette étude était de rechercher si, après une longue jachère d'une quinzaine d'années, le dynamisme biologique du sol avait retrouvé son niveau initial. A cet effet des analyses physiques et chimiques d'une part, faunistiques et respirométriques d'autre part ont été effectuées. Tous les résultats concordent et indiquent que l'équilibre initial n'est pas retrouvé même après une longue jachère. L'incorporation de la matière organique au sol, la quantité de matière organique, les taux de C et d'N, la densité apparente, la porosité, les principaux groupes de la microfaune, l'analyse qualitative d'Oribates, la détermination du métabolisme global du sol mettent en évidence un seuil très marqué entre forêt et vieilles jachères. On peut considérer la forêt comme un complexe doué d'organisation; dans le cas des jachères, on assiste, à des degrés divers suivant leur âge, à une réduction de cette organisation.

Summary

In the framework of traditional Bantu agriculture a series of bush fallows of increasing age was studied in order to follow faunal recolonization leading

to an established equilibrium of secondary forest of *Scorodophloeus zenkeri*, Harms. A purpose of the study was to investigate whether the biological dynamics of the soil reached their original level after a prolonged fallow of 15 years, for which purpose physical, chemical, faunal and respirometrical analyses were made. All results agree in showing that even after a long fallow the original equilibrium is not reached. Quantity and incorporation into soil of organic matter, C and N contents, apparent density, porosity, main groups of microfauna, qualitative analysis of Oribates, and determination of the global metabolism of the soil all point to a marked threshold between forest and old fallows. Forest can be regarded as a complex organization; by fallowing, the degree of organization is reduced according to the age of the fallow.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Fassung des traditionellen Bantuschen Landwirtschaftssystems wurde eine Reihe von forstlichen Brachen mit zunehmendem Alter studiert, um die faunistische Kolonisation (Wiederbelebung) zu verfolgen, welche allmählich die erdbewohnenden Biozenosen zu einem durch den sekundären Wald, hauptsächlich mit *Scorodophloeus zenkeri*, Harms, bestanden, gekennzeichneten Gleichgewicht führt. Ein Hauptzweck dieses Studiums war zu untersuchen ob nach einer langen Brache von etwa 15 Jahren, die biologische Dynamik des Bodens ihr ursprüngliches Niveau zurückgefunden habe oder nicht. Zu dem Zweck wurden einerseits physische und chemische, andererseits faunistische und respirometrische Analysen ausgeführt. Alle Resultate stimmen mit einander überein und ergeben, daß das ursprüngliche Gleichgewicht sogar nach einer langen Brache, nicht wieder erreicht wird. Die Aufnahme organischer Substanz im Boden, der Gehalt an organischer Substanz, die C- und N-Zahlen, die scheinbare Dichte, die Porosität, die Hauptgruppen der Mikrofauna, die qualitative Oribatesanalyse, die Bestimmung des globalen Metabolismus des Bodens, diese alle deuten auf eine sehr bestimmte Schwelle zwischen Urwald und Brache, die nicht überschritten wird. Man kann den Wald als einen mit einer Organisation begabten Komplex betrachten; bei den Brachen trägt man je nach ihrem Alter, zu einer Reduktion dieser Organisation bei.

DISCUSSION

B. BERNIER: 1. Toutes ces études ont-elles été faites avec des sols frais, non séchés? 2. Quel type d'humus forestier s'établit sous cette forêt?

M. E. MALDAGUE: 1. Toutes les analyses ont été faites sur sol frais. L'extraction de la faune est effectuée à l'aide des appareils de Berlese-Tullgren. 2. L'horizon organique sous jachères forestières comprend une mince litière sous laquelle on trouve un horizon de fragmentation (F) de faible épaisseur. L'humus est du type mulloïde. L'ensemble n'excède pas 1 pouce d'épaisseur.

ROGER BARIL: Est-ce que l'emploi des engrais organiques et/ou chimiques pourrait donner une fertilité plus grande ou égale à la fertilité initiale du sol?

M. E. MALDAGUE: Dans le but de remédier à la baisse de la fertilité du sol, il faut en arriver à utiliser les engrais chimiques et mieux encore l'adjonction au sol de matière organique sous forme de compost, d'engrais verts ou toute autre forme à déterminer suivant les circonstances.

N. R. DHAR: I have to draw the attention of the author to the observations made in Allahabad and in Malaya that in presence of light after the cutting of the forest the number of microorganisms decrease markedly. It has been observed in Allahabad that in presence of organic matter and sunlight there is greater nitrogen fixation than in the dark although the total bacteria and Azotobacter numbers are smaller in light than in the dark. These observations can explain the results obtained by the author.